

## Identificación de microplásticos en agua y sedimentos del río Casacay, cantón Pasaje, provincia de El Oro

### Identification of microplastics in water and sediments of the Casacay river, Pasaje canton, El Oro province

Gabriela Mishel Jimenez Cueva, Fanny Daniela Godoy Yunga, Alex Dumany Luna Florin, Juan Gabriel Paredes Moran

*Universidad Técnica de Machala, Ecuador*

*Autor de correspondencia: [adluna@utmachala.edu.ec](mailto:adluna@utmachala.edu.ec)*

Recibido: 27/10/2025. Aceptado: 13/02/2026.

Publicado el 3 de julio de 2026.

#### Resumen

La contaminación por microplásticos en el agua dulce ha supuesto una grave amenaza para el medio acuático. Se investigó los microplásticos presentes en agua y sedimentos de la microcuenca del río Casacay, con el objetivo de evaluar la contaminación acuática. Se seleccionaron muestreos representativos en cuatro zonas: natural, agrícola, turística y urbana, con cuatro repeticiones en cada punto de muestreo. Las muestras se recolectaron durante la temporada lluviosa del año 2025. La metodología empleada incluyó la filtración de agua y la extracción de microplásticos en los sedimentos mediante solución salina. Los resultados mostraron una mayor concentración de microplásticos en las zonas urbanas y turísticas, especialmente fibras, influyendo significativamente las actividades antrópicas. Este estudio evidenció que los sedimentos funcionan como reservorios de microplásticos, en el que predominan las fibras, donde se evidenciaron resultados de hasta 75 unidades, mientras que, en agua, se evidenció una mayor cantidad de microplásticos con una cantidad de 100 unidades.

**Palabras clave:** Actividades humanas, bioacumulación, contaminación fluvial, fibra sintética, contaminación, polímeros sintéticos.

#### Abstract

Microplastics pollution in freshwater has posed a serious threat to aquatic environment. This study investigated the presence of microplastics in water and sediments of the Casacay River micro-basin to assess aquatic pollution. Representative samples were selected from four zones: natural, agriculture, tourist, and urban, with four replicates at each sampling point. Samples were collected during the rainy season in 2025. The methodology employed included water filtration and microplastic extraction from sediments using saline solution. The results showed a higher concentration of microplastics in urban and tourist areas, particularly fibers, with human activities significantly influencing this concentration. This study demonstrated that sediments act as reservoirs for microplastics, with fibers predominating and up to 75 units found in sediment samples. In contrast, water samples showed a higher quantity of microplastics, with up to 100 units found.

**Keywords:** Human activities, bioaccumulation, river pollution, synthetic fiber, pollution, synthetic polymers.

## Introducción

Los microplásticos se han convertido en una fuente importante de contaminación global debido a sus altas concentraciones y su capacidad de interactuar con el ambiente (Kumkar *et al.*, 2021; Kushwaha *et al.*, 2024). La causa fundamental es la gestión inadecuada de los residuos urbanos, prácticas industriales inapropiadas y el uso indiscriminado de plásticos debido a su tamaño menor a 5 mm de longitud (Fayshal, 2024; Stapleton y Hai, 2023). Los microplásticos primarios son de forma de fragmentos, pellets y microperlas que provienen del procesamiento industrial de plásticos de la cosmética y limpieza, de partículas de resina y de materias primas industriales, cuyas fuentes son telas, bolsas, boyas, flotadores (Cole *et al.*, 2013; Turner *et al.*, 2019 y Bayo *et al.*, 2020).

Los ríos desempeñan un papel fundamental como principales conductores del transporte de plásticos hacia los océanos (Meijer *et al.*, 2021). Se estima que anualmente muchos ríos pueden transportar y desplazan billones de piezas de este material polimérico, con un peso superior a un cuarto de millón de toneladas, lo que representa el 80 % de la contaminación marina (Kye *et al.*, 2023; Rico *et al.*, 2023). Esta carga plástica puede permanecer en los lechos y sedimentos de los ríos durante años, lo que implica un reservorio temporal y un reto para la gestión ambiental (González-Curbelo *et al.*, 2025).

Los microplásticos se han convertido en un contaminante omnipresente y alarmante, que se infiltra en cuerpos de agua y entornos de todo el mundo (Dick Vethaak y Legler, 2021;

Lillo *et al.*, 2025; Piskula y Astel, 2022; Wu *et al.*, 2025). En Ecuador, la intensa presión humana sobre los cuerpos de agua ha aumentado el riesgo de contaminación por desechos sólidos, incluidos plásticos, especialmente en las áreas donde se llevan a cabo actividades agrícolas, urbanas e industriales al mismo tiempo (De-la-Torre *et al.*, 2020; Jin *et al.*, 2025). La microcuenca del río Casacay, se encuentra ubicada en el cantón Pasaje, provincia de El Oro, está resalta como un sistema fluvial con notable relevancia ecológica y socioeconómica; sin embargo, hasta la actualidad carece de registros relacionados con la posible contaminación por microplásticos.

El objetivo principal de este artículo es identificar la presencia de microplásticos en el agua y en los sedimentos de la Subcuenca baja del río Casacay.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

En la Figura 1 observamos el área de estudio ubicado en la parte media y baja de la Subcuenca Casacay, en el cantón Pasaje, provincia de El Oro, al suroeste de Ecuador. La cual se sitúa en una región caracterizada por un clima tropical húmedo, con temperaturas cálidas a lo largo del año y una alta humedad relativa (Acosta-Coley *et al.*, 2019). Respecto a la altitud, la cuenca baja se encuentra entre 100 y 300 metros, donde se observan temperaturas promedio que oscilan entre 20 °C y 28 °C (Rico *et al.*, 2023). Se escogieron cuatro puntos de muestreo a lo largo del cauce principal, considerando la accesibilidad y representatividad de distintas escalas de impacto antrópico.



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y distribución de puntos de muestreo

**Muestreo y recolección:****Tabla 1. Puntos de muestreo**

| Descripción    | Latitud (S)    | Longitud (O)    |
|----------------|----------------|-----------------|
| Zona natural   | 3° 37' 54.6" S | 79° 37' 50.1" O |
| Zona agrícola  | 3° 37' 51.4" S | 79° 37' 57.9" O |
| Zona turística | 3° 37' 36.5" S | 79° 38' 36.0" O |
| Zona urbana    | 3° 37' 28.1" S | 79° 38' 46.6" O |

Para la recolección de muestras de agua se utilizó el protocolo para la planificación, muestreo, análisis e identificación de microplásticos en río (León y Serrano, 2019). Se realizaron cuatro repeticiones de 10 minutos por punto de muestreo con un intervalo de 15 minutos entre cada toma de muestra. En el caso de la recolección de sedimentos, en cada punto se tomaron cuatro muestras superficiales (0-5 cm de profundidad), utilizando guantes de nitrilo y materiales plásticos para evitar la contaminación (Maskrey, 1993). Las muestras fueron recolectadas durante la estación lluviosa, del 21 de marzo al 21 de mayo de 2025.

**Preservación de muestras**

Para el agua, se recolectaron muestras de 100 ml en un frasco de plástico por cada punto, previamente lavados con el agua de la zona de muestreo tres veces (León y Serrano, 2019). Según lo descrito por Maskrey (1993), en cuanto a sedimentos se extrajeron muestras de 100 g por punto, utilizando una espátula de plástico, y se almacenaron en frascos de plástico, las cuales fueron transportadas en cajas térmicas al laboratorio de Biodiversidad de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala.

**Procesamiento de muestras****Muestras de agua**

En el laboratorio, se lavó previamente con agua destilada el embudo y el vaso de precipitación utilizado como recolector de agua, con ayuda de pinzas quirúrgicas se puso un papel de filtro de nitrato de celulosa, vertiendo una cantidad de 20 ml de muestra en el embudo. Al acabar de filtrar, se sostuvo el filtro con pinzas quirúrgicas y se introdujo en la caja petri correspondiente (León y Serrano, 2019; Maskrey, 1993). Posteriormente, se colocaron las cajas petri dentro del horno estufa Bektron 101 – 1AB a una temperatura de 60 °C durante 2.880 minutos en la cámara de secado.

Una vez secas las muestras, se procedió a identificar los microplásticos con ayuda del estereomicroscopio Q170-T Trinocular de alta precisión (*Better Scientific*).

**Muestras de sedimentos**

Se colocaron las muestras de sedimentos en envases de aluminio, los cuales se metieron al horno estufa Bektron 101 – 1AB por 4.320 min, con una temperatura de 60 °C. Tras la etapa de secado, se procedió a la trituración y tamizado de los sedimentos.

Seguido se preparó 150 gramos de cloruro de sodio (NaCl) pesándolo con una balanza analítica Bektron FA2204N. Luego, se midieron 500 ml de agua destilada con una probeta de 1 litro. Ambos componentes se incorporaron en un vaso de precipitación previamente marcado. Se empleó un equipo de agitación mecánica Bektron - HSC – 19 T para realizar una agitación constante durante 10 minutos, con una temperatura de 25 °C y una velocidad de 800 rpm.

Una vez que la solución fue uniforme, se selló el vaso de precipitación con papel aluminio y se dejó reposar durante 1 hora. Esta solución salina nos ayuda a que los microplásticos presentes en los sedimentos floten para poder identificarlos más adelante.

Se pesaron 20 gramos de sedimentos, utilizando la balanza analítica calibrada Bektron FA2204N después de su secado de 4.320 min. Estos 20 gramos fueron transferidos a un recipiente de precipitación. Para aislar y concentrar los microplásticos presentes en las muestras, se añadió 100 ml de solución salina (NaCl) y agitamos durante 15 minutos en el agitador mecánico Bektron HSC – 19 T. Después se cubrió el recipiente con papel aluminio, lo sellamos herméticamente y lo dejamos reposar a temperatura ambiente durante 48 horas.

Para llevar a cabo la extracción de microplásticos, se utilizó un embudo con papel filtro de nitrato de celulosa y un vaso de precipitación como recolector de agua. Posteriormente, se filtraron las muestras utilizando pinzas quirúrgicas para tomar el filtro y colocarlas en las cajas petri correspondientes. Introducimos las cajas etiquetadas en el horno estufa Bektron 101 – 1AB por 2.880 min a 60 °C.

**Identificación de microplásticos:**

Se identificaron los microplásticos bajo el estereomicroscopio Q170-T Trinocular de alta precisión. Esto permitió distinguir las partículas microplásticas a partir de su morfología. Durante el proceso de identificación, las partículas fueron clasificadas en función de su forma como fibras, fragmentos y películas (León y Serrano, 2019).

El filtro de nitrato de celulosa contenido en la caja petri se coloca bajo la lupa estereoscópica de microplásticos para poder observar con facilidad los microplásticos que no se ven a simple vista. Se delimitan claramente un inicio y un final en el papel filtro, observando cada sección de forma sistemática.

Durante el análisis, se identificaron los seis tipos de microplásticos: fibras, fragmentos, esferas, películas, esponjas y gomas, para asegurar una correcta identificación, se descartó previamente la presencia de materiales no plásticos, como partículas minerales (rocas), restos de animales (individuos o partes de rotíferos, moluscos, crustáceos, escamas de peces) o vegetales (individuos o colonias de algas). Los microplásticos detectados fueron registrados en una base de datos previamente organizada por puntos de muestreo, con el fin de determinar las zonas del río con mayor concentración de contaminantes (León y Serrano, 2019).

## Resultados

La Tabla 2 evidencia una variación en la distribución de microplásticos dentro de la microcuenca evaluada, la cual parece estar fuertemente influenciada por el grado de intervención antropogénica y las características físicas de cada sitio.

En la zona natural existe una presencia baja de microplásticos, lo que se ajusta con lo evidenciado por Chi *et al.* (2023) quienes identificaron una menor cantidad de microplásticos en zonas fluviales con vegetación densa y limitada urbanización, relacionándolo al efecto de filtrado natural y la escasa actividad humana.

A diferencia de la zona agrícola el cual muestra una mayor

acumulación de fibras y presencia puntual de fragmentos, este patrón refleja el impacto de la actividad humana observada en la zona. Las fuentes urbanas, especialmente el mal tratamiento de aguas residuales, son responsables de los factores de crecimiento de los microplásticos en cuerpos de agua fluviales, particularmente fibras y fragmentos de polímeros (Yakovlev y Puchkov, 2020).

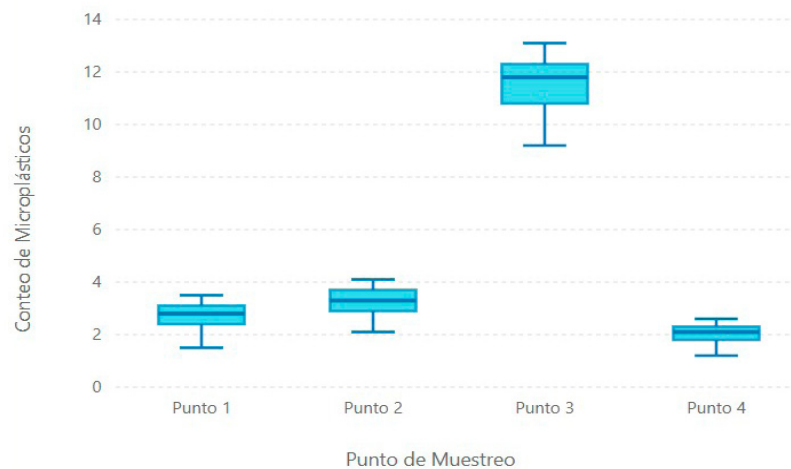
En la zona turística se detectaron 21 unidades de fibras por muestra, acompañadas por 2 unidades pequeñas de films y 1 unidad de fragmentos. En la zona urbana, los valores de las fibras llegaron a niveles superiores, con registros de 18 y 33 unidades por muestra, sin tener la presencia de otros tipos de microplásticos. Este patrón indica una posible concentración localizada de fibras en esta sección de la microcuenca.

**Tabla 2. Tipos de Microplásticos presentes en agua**

| Tipo de microplásticos en agua |            |       |        |          |        |         |
|--------------------------------|------------|-------|--------|----------|--------|---------|
| Punto de muestreo              | Fragmentos | Films | Pelets | Gránulos | Fibras | Espumas |
| Zona natural                   | 0          | 1     | 0      | 0        | 0      | 1       |
|                                | 0          | 0     | 0      | 0        | 2      | 0       |
|                                | 0          | 2     | 0      | 0        | 2      | 0       |
|                                | 0          | 2     | 0      | 0        | 3      | 0       |
| Zona agrícola                  | 0          | 0     | 0      | 0        | 5      | 0       |
|                                | 0          | 0     | 0      | 0        | 3      | 0       |
|                                | 0          | 0     | 0      | 0        | 7      | 0       |
|                                | 1          | 0     | 0      | 0        | 4      | 0       |
| Zona turística                 | 0          | 2     | 0      | 0        | 17     | 0       |
|                                | 0          | 1     | 0      | 0        | 2      | 0       |
|                                | 0          | 2     | 0      | 0        | 11     | 0       |
|                                | 1          | 0     | 0      | 0        | 21     | 0       |
| Zona urbana                    | 0          | 0     | 0      | 0        | 33     | 0       |
|                                | 0          | 1     | 0      | 0        | 26     | 0       |
|                                | 0          | 0     | 0      | 0        | 18     | 0       |
|                                | 0          | 0     | 0      | 0        | 22     | 0       |

La Figura 2 refleja el diagrama de cajas en el cual se visualiza la distribución de los conteos de microplásticos en los distintos puntos de muestreo de la microcuenca. En cada punto, se observa la mediana, el rango intercuartílico y la dispersión de los datos, lo que permite señalar variaciones en la cantidad de microplásticos detectados por muestra. Aunque

algunos puntos presentan mayor variabilidad que otros, las medianas son visualmente similares entre sí, las cuales no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los puntos de muestreo ( $p > 0,05$ ).



**Figura 2. Diagrama de cajas de conteo de microplásticos en agua por punto de muestreo**

**Tabla 3. Tipos de Microplásticos presentes en sedimentos**

| Registro de microplásticos en sedimentos |            |       |        |          |        |         |
|------------------------------------------|------------|-------|--------|----------|--------|---------|
| Puntos de muestreo                       | Fragmentos | Films | Pelets | Gránulos | Fibras | Espumas |
| Zona natural                             | 0          | 0     | 0      | 0        | 18     | 0       |
|                                          | 0          | 0     | 0      | 0        | 33     | 0       |
|                                          | 0          | 0     | 0      | 0        | 9      | 0       |
|                                          | 0          | 1     | 0      | 0        | 6      | 0       |
| Zona agrícola                            | 0          | 0     | 0      | 0        | 12     | 0       |
|                                          | 0          | 0     | 0      | 0        | 19     | 0       |
|                                          | 0          | 0     | 0      | 0        | 32     | 0       |
|                                          | 0          | 0     | 0      | 0        | 12     | 0       |
| Zona turística                           | 0          | 0     | 0      | 0        | 14     | 0       |
|                                          | 1          | 0     | 0      | 0        | 6      | 0       |
|                                          | 0          | 0     | 0      | 0        | 6      | 0       |
|                                          | 0          | 0     | 0      | 0        | 19     | 0       |
| Zona urbana                              | 0          | 0     | 0      | 0        | 11     | 0       |
|                                          | 0          | 0     | 0      | 0        | 17     | 0       |
|                                          | 0          | 0     | 0      | 0        | 23     | 0       |
|                                          | 0          | 0     | 0      | 0        | 16     | 0       |

La Tabla 3 muestra el conteo de microplásticos encontrados, con cuatro réplicas por cada punto de muestreo. Estos residuos identificados se clasifican en seis categorías: fragmentos, films, pelets, gránulos, fibras y espumas, aunque en la práctica, la mayoría de los registros se concentran en las fibras. En la zona natural, los conteos de fibras varían entre 6 y 33 unidades, corresponde a la única categoría detectada en la mayor parte de las réplicas. Solo en la réplica 4 se identificó

un film, lo que elevó el total de esa muestra a 7 microplásticos.

En la zona agrícola, persiste la presencia específica de fibras, con valores que oscilan entre 12 y 32 unidades, sin que exista la aparición de otros tipos de microplásticos. Este patrón de contaminación por fibras podría estar relacionado con una fuente local o con una dinámica sedimentaria que contribuye a la acumulación de estas partículas. En la zona turística, la contabilización de fibras fue ligeramente más bajas

en comparación con los puntos anteriores, con un rango de 6 a 19 unidades. En la réplica 2 se identificó un fragmento, lo que llevó el total de esta muestra a 7 microplásticos. Nuevamente, las fibras son los componentes dominantes.

En la zona urbana, se observa una variación entre 11 y 23 fibras por muestra. No se encontraron otros tipos de microplásticos en esta sección de muestreo. Aunque los valores son consistentes, se observa una ligera disminución en comparación con las zonas más altas como la zona natural y agrícola.

La Figura 3 muestra la distribución del conteo total de microplásticos en sedimentos para cada uno de los cuatro puntos de muestreo. Este gráfico permite visualizar la variabilidad de los datos y detectar posibles valores atípicos o diferencias en la concentración de microplásticos entre los sitios evaluados. Se observa que todos los puntos presentan registros elevados de microplásticos, con valores que varían ampliamente entre las réplicas.

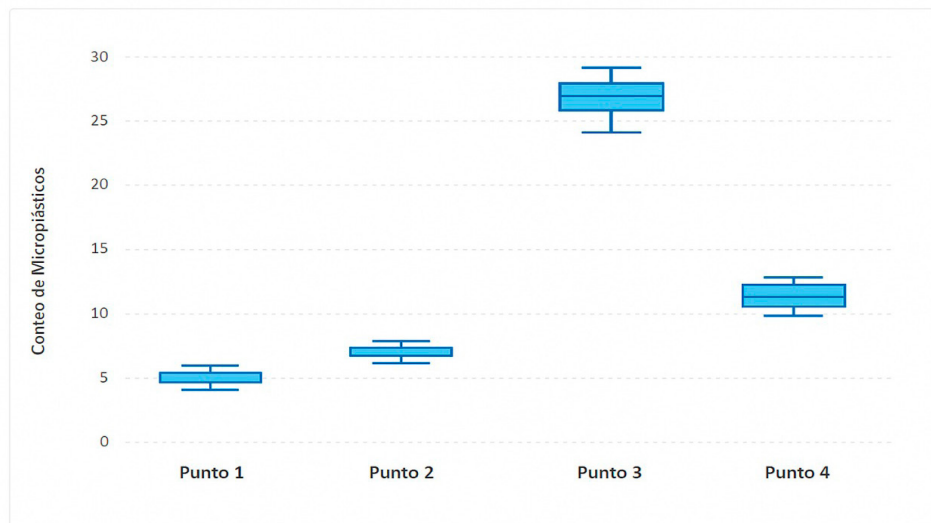


Figura 3. Diagrama de cajas de conteo de microplásticos en sedimentos por punto de muestreo

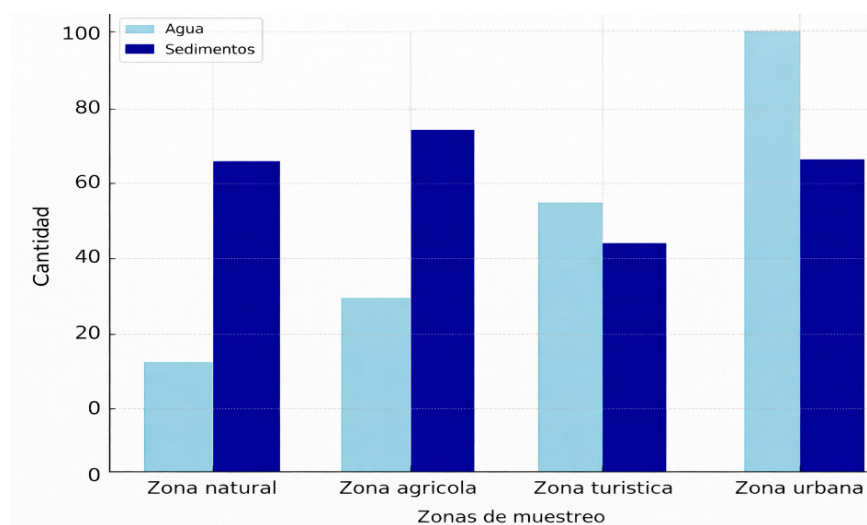


Figura 4. Gráfico de barras de comparación de agua y sedimentos

En la Figura 4 se observa una mayor concentración de microplásticos en los sedimentos, especialmente en las zonas de muestreo con valores de 67 y 75 unidades respectivamente, en comparación con el agua. Esta tendencia es coherente con estudios previos que señalan que los sedimentos fluviales intervienen como un reservorio de microplásticos, los cuales son transportados por las corrientes de agua desde las fuentes terrestres.

En cuanto a las zonas turística y urbana, aunque los niveles de los microplásticos aumentan de forma considerable, con valores de 57 y 100 unidades respectivamente, los sedimentos aun muestran concentración más alta.

### Discusión

La cercanía territorial de áreas turísticas juega un papel clave en la liberación de microfibras en el agua, las actividades recreativas, como el baño y el uso de ropa de poliéster y otros materiales sintéticos, son bien conocidas por ser fuentes notables de microfibras. Según, Yakovlev y Puchkov (2020) indica que estas fibras, al ser arrastradas por el agua, se acumulan progresivamente en zonas específicas de esta microcuenca. Además, Jenner *et al.* (2022) señalaron que estas fibras sintéticas pueden actuar como vectores de contaminantes químicos, lo que podría complicar los efectos de la contaminación en el ecosistema acuático.

La variabilidad en los registros de microplásticos a través de las zonas de muestreo indican que las fuentes puntuales, como las descargas industriales o el vertido de desechos sólidos, podrían tener un rol determinante en la contaminación del agua. Los ríos urbanos por lo general evidencian valores superiores de contaminación por microplásticos; entre los puntos podrían reflejar factores como la proximidad a las fuentes de contaminación, la tasa de flujo del agua y la presencia de características que filtran o retienen estos microplásticos en el paisaje (Rahav *et al.*, 2022). La presencia de valores atípicos en las muestras de agua plantea la posibilidad de fluctuaciones temporales de contaminación o concentraciones localizadas que podrían ser causadas por fuentes transitorias.

Las cifras representan una proporción significativa de los microplásticos encontrados en los ríos, especialmente en áreas urbanas y recreativas, lo que corrobora la hipótesis de que estos plásticos son la principal fuente de contaminación en muchos cuerpos de agua (Gao *et al.*, 2024)

Además, la alta acumulación de microplásticos en los sedimentos puede tener intervenciones ecológicas graves, ya que estos contaminantes al ser ingeridos por organismos bentónicos, influyen en la alimentación de la biodiversidad acuática (Vandermeersch *et al.*, 2015). La ingesta de microplásticos por parte de las especies acuáticas en los ríos en América Latina puede producir consecuencias perjudiciales y una bioacumulación de microplásticos en el ser humano ya que es parte de la cadena alimenticia a nivel fisiológico (Fernandes *et al.*, 2022).

### Conclusiones

Los resultados conseguidos del estudio corroboran que dentro de la microcuenca del río Casacay se manifiestan muestras de contaminación por microplásticos, tanto en el agua como en los sedimentos. Se sugiere implementar monitoreos frecuentes en diferentes puntos altitudinales de los ríos de Ecuador, para observar la cantidad y la diferencia de los tipos de microplásticos presentes en el agua y sedimentos, especialmente en zonas con alta intervención humana, para comprender mejor la distribución de este tipo de contaminante y desarrollar estrategias de mitigación adecuadas.

Es crucial realizar estudios adicionales sobre los efectos a largo plazo de los microplásticos en los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad de los ríos, especialmente en áreas de alta actividad humana. Además, se recomienda valorar la influencia de las características físicas de los ríos, como el flujo del agua y el tipo de sustrato, en la acumulación de microplásticos.

En las zonas urbanas y turísticas, donde las actividades humanas incrementan la concentración de estos contaminantes, los sedimentos representan un reservorio clave para los microplásticos, dado que revelan concentraciones más altas que el agua. Esto señala la necesidad de estudiar los sedimentos como un elemento esencial en los estudios de contaminación por microplásticos en ríos. Las áreas urbanas y turísticas presentan una mayor concentración de fibras sintéticas, lo que evidencia el impacto directo de las actividades humanas, como es el uso de ropa sintética lo que aporta a la liberación de material polímero al ambiente fluvial.

### Referencias

- Acosta-Coley, I., Duran-Izquierdo, M., Rodriguez-Cavallo, E., Mercado-Camargo, J., Mendez-Cuadro, D., y Olivero-Verbel, J. (2019). Quantification of microplastics along the Caribbean Coastline of Colombia: Pollution profile and biological effects on *Caenorhabditis elegans*. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 574–583. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.06.084>
- Bayo, J., Rojo, D., Olmos, S., y López, M. (2020). Microplastic pollution on the strandline of urban and natural city beaches: The role of local activities. *International Journal of Environmental Impacts*, 3(2), 155–167. <https://doi.org/10.2495/EI-V3-N2-155-167>
- Chi, S. C., Kang, Y. N., y Huang, Y. M. (2023). Efficacy and safety profile of intravitreal dexamethasone implant versus antivascular endothelial growth factor treatment in diabetic macular edema: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34673-z>
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., y Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science and*



- Technology, 47(12), 6646–6655. <https://doi.org/10.1021/es400663f>
- De-la-Torre, G. E., Dioses-Salinas, D. C., Castro, J. M., Antay, R., Fernández, N. Y., Espinoza-Morriberón, D., y Saldaña-Serrano, M. (2020). Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110877. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.110877>
- Dick Vethaak, A., y Legler, J. (2021). Microplastics and human health: Knowledge gaps should be addressed to ascertain the health risks of microplastics. *Science*, 371(6530), 672–674. <https://doi.org/10.1126/science.abe5041>
- Fayshal, M. A. (2024). Current practices of plastic waste management, environmental impacts, and potential alternatives for reducing pollution and improving management. *Heliyon*, 10(23), e40838. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E40838>
- Fernandes, A. N., Bertoldi, C., Lara, L. Z., Stival, J., Alves, N. M., Cabrera, P. M., y Grassi, M. T. (2022). Microplastics in Latin America Ecosystems: A critical review of the current stage and research needs. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 33(4), 303–326. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20220018>
- Gao, S., Orlowski, N., Bopf, F. K., y Breuer, L. (2024). A review on microplastics in major European rivers. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 11(3). <https://doi.org/10.1002/wat2.1713>
- González-Curbelo, M. Á., Cruz-Pérez, A., Gutiérrez-Bouzá, C., y López-Mesas, M. (2025). Assessing microplastic pollution along the Caribbean coast of La Guajira, Colombia. *Marine Pollution Bulletin*, 212, 117511. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2024.117511>
- Jenner, L. C., Rotchell, J. M., Bennett, R. T., Cowen, M., Tentzeris, V., y Sadofsky, L. R. (2022). Detection of microplastics in human lung tissue using  $\mu$ FTIR spectroscopy. *Science of The Total Environment*, 831, 154907. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.154907>
- Jin, X., Li, Z., Peñuelas, J., Sardan, J., Wu, Q., Peng, Y., Heděnc, P., Li, Z., Yuan, C., Yuan, J., Chen, Z., Zhao, Z., Wu, F., y Yue, K. (2025). Quantitative assessment on the distribution patterns of microplastics in global inland waters. *Communications Earth and Environment*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02320-2>
- Kumkar, P., Gosavi, S. M., Verma, C. R., Pise, M., y Kalous, L. (2021). Big eyes can't see microplastics: Feeding selectivity and eco-morphological adaptations in oral cavity affect microplastic uptake in mud-dwelling amphibious mudskipper fish. *Science of The Total Environment*, 786, 147445. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.147445>
- Kushwaha, M., Shankar, S., Goel, D., Singh, S., Rahul, J., Rachna, K., y Singh, J. (2024). Microplastics pollution in the marine environment: A review of sources, impacts and mitigation. *Marine Pollution Bulletin*, 209, 117109. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2024.117109>
- Kye, H., Kim, J., Ju, S., Lee, J., Lim, C., y Yoon, Y. (2023). Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards. *Heliyon*, 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14359>
- León, D., y Serrano, L. (2019). Protocolo para la planificación, muestreo, análisis de identificación de microplásticos en ríos. [https://hombreyterritorio.org/protocolo-de-muestreo-e-identificacion-de-microplasticos/?utm\\_source=](https://hombreyterritorio.org/protocolo-de-muestreo-e-identificacion-de-microplasticos/?utm_source=)
- Lillo, P. M., Udagedara, S., Williamson, R., y Gorman, D. (2025). Cross-shore microplastic accumulation on Sri Lanka's west coast one year after the Catastrophic x-press pearl pollution event. *Microplastics*, 4(3), 37. <https://doi.org/10.3390/microplastics4030037>
- Maskrey, A. (1993). *Los Desastres No Son Naturales*. <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf>
- Meijer, L. J. J., Van Emmerik, T., Van Der Ent, R., Schmidt, C., y Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Sci. Adv*, 7(18). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5803>
- Piskula, P., y Astel, A. M. (2022). Microplastics occurrence in two mountainous rivers in the lowland area—a case study of the Central Pomeranian Region, Poland. *Microplastics*, 1(1), 167–185. <https://doi.org/10.3390/microplastics1010011>
- Rahav, E., Belkin, N., Nnebuo, O., Sisma-Ventura, G., Guy-Haim, T., Sharon-Gojman, R., Geisler, E., y Bar-Zeev, E. (2022). Jellyfish swarm impair the pretreatment efficiency and membrane performance of seawater reverse osmosis desalination. *Water Research*, 215, 118231. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2022.118231>
- Rico, A., Redondo-Hasselerharm, P. E., Vighi, M., Waichman, A. V., Nunes, G. S. de S., de Oliveira, R., Singdahl-Larsen, C., Hurley, R., Nizzetto, L., y Schell, T. (2023). Large-scale monitoring and risk assessment of microplastics in the Amazon River. *Water Research*, 232. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119707>
- Stapleton, M. J., y Hai, F. I. (2023). Microplastics as an emerging contaminant of concern to our environment: a brief overview of the sources and implications. *Bioengineered*, 14(1), 2244754. <https://doi.org/10.1080/21655979.2023.2244754>
- Turner, A., Wallerstein, C., y Arnold, R. (2019). Identification, origin and characteristics of bio-bead microplastics from beaches in western Europe. *Science of the Total Environment*, 664, 938–947. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.281>
- Vandermeersch, G., Van Cauwenberghe, L., Janssen, C. R., Marques, A., Granby, K., Fait, G., Kotterman, M. J. J.,



- Diogène, J., Bekaert, K., Robbens, J., y Devriese, L. (2015). A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environmental Research*, 143, 46–55. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2015.07.016>
- Wu, Z., Wang, J., Yu, S., Sun, Q., y Han, Y. (2025). Microplastic pollution in China's aquatic systems: Spatial distribution, transport pathways, and controlling strategies. *Microplastics*, 4(3), 41. <https://doi.org/10.3390/microplastics4030041>
- Yakovlev, E., y Puchkov, A. (2020). Assessment of current natural and anthropogenic radionuclide activity concentrations in the bottom sediments from the Barents Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111571. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2020.111571>

